第一章　柑桔第二部分

北部地區土壤性質與柑桔施肥推薦參考資訊

桃園區農業改良場 莊浚釗

一、適宜栽植風土條件

(一) 作物產地分佈與產業介紹

柑桔為芸香科亞熱帶常綠果樹，因其風土適應性強，為台灣栽培面積最多的果樹之一，種植面積高達 25,716 公頃，年產量 56 萬公噸，產值高達 105 億元。主要以柳橙、椪柑、桶柑、海梨柑及文旦為主。本場轄區栽培面積 2,581 公頃，以桶柑 1,425 公頃為最大宗，主要分佈於新北市及新竹縣。根據統計柑桔生產成本每公頃 27- 42 萬元，平均每公斤生產成本 14 元，支出人工費逾 50%最多，次為農藥及肥料費佔 30%，故對於肥料施用不可輕忽，不僅可保土地永續利用，更可節省生產成本。

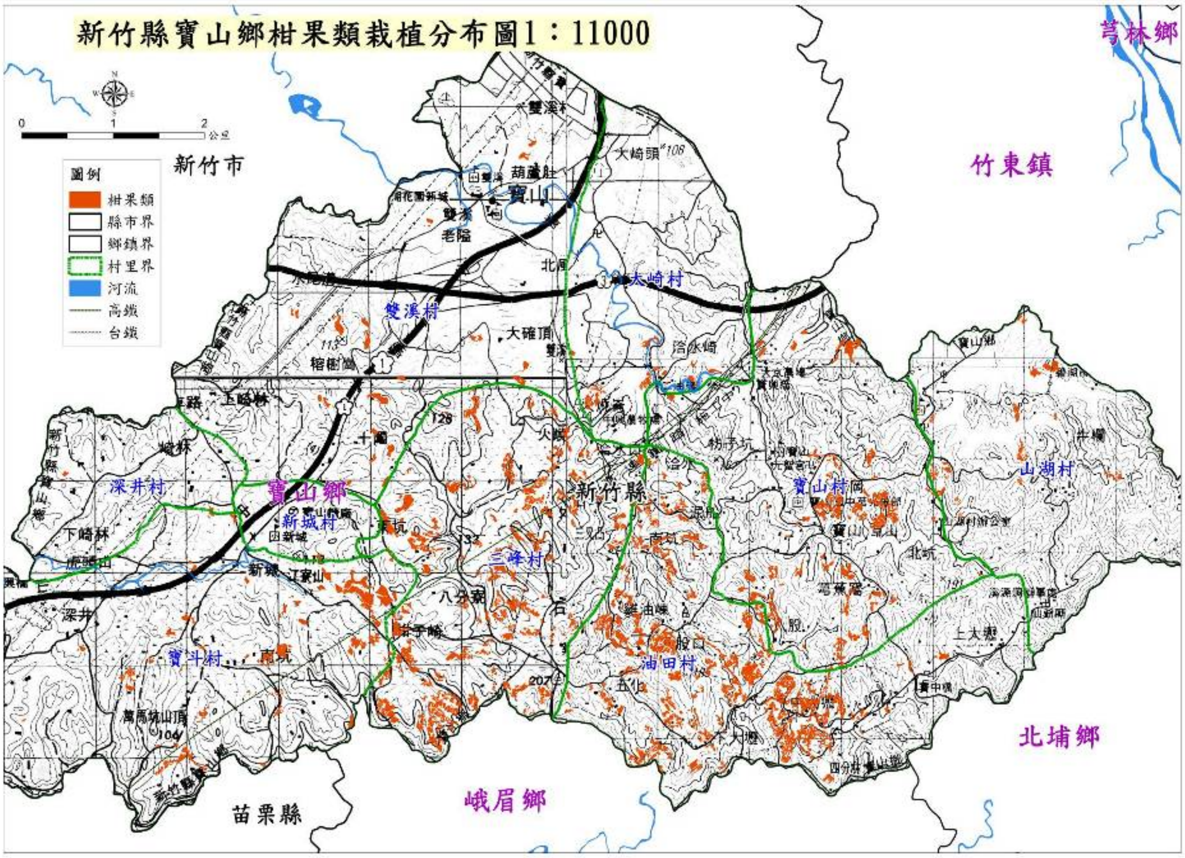


圖 1. 新竹縣寶山鄉柑果類栽植分布圖
農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

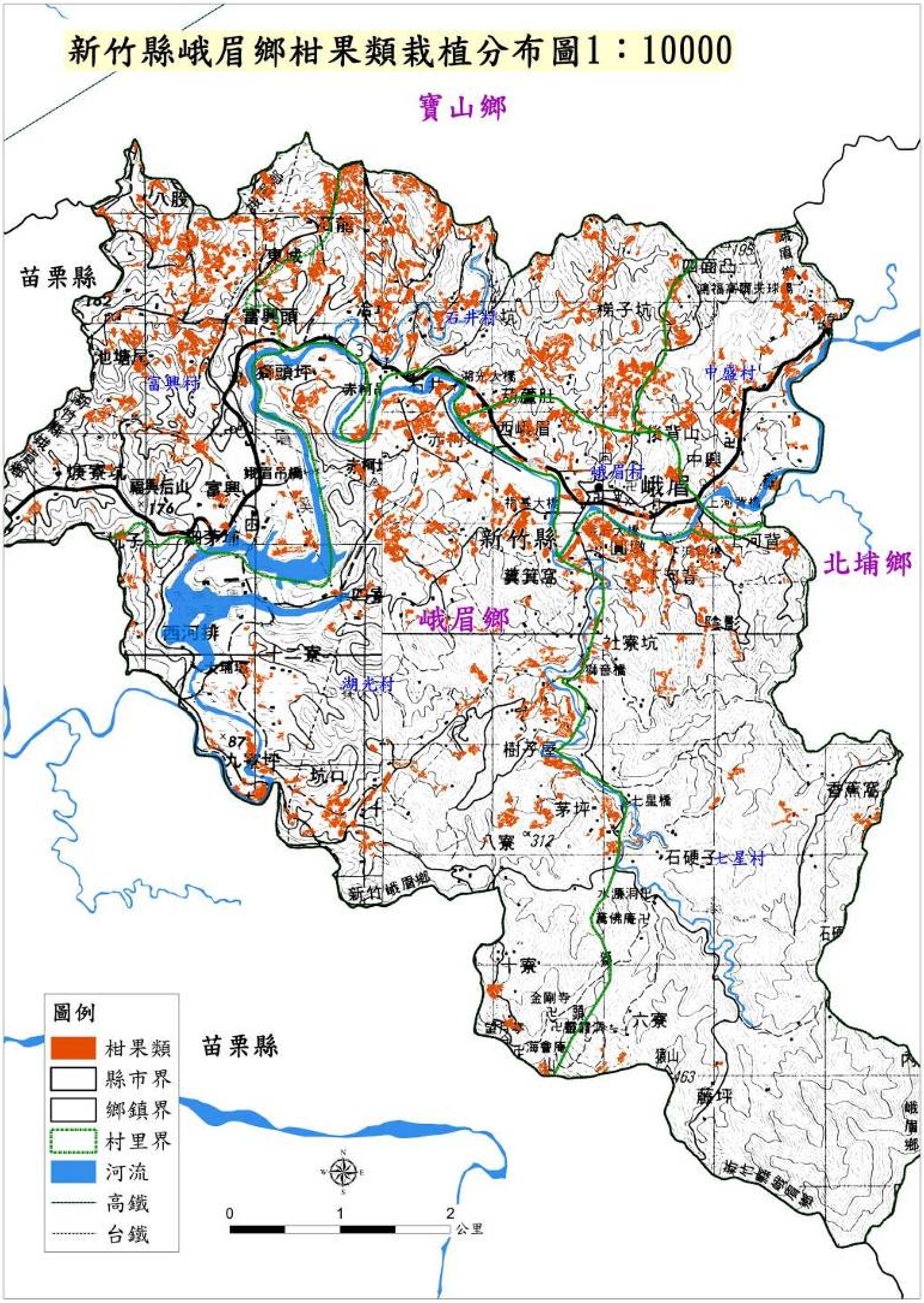


圖 2. 新竹縣峨眉鄉柑果類栽植分布圖

農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

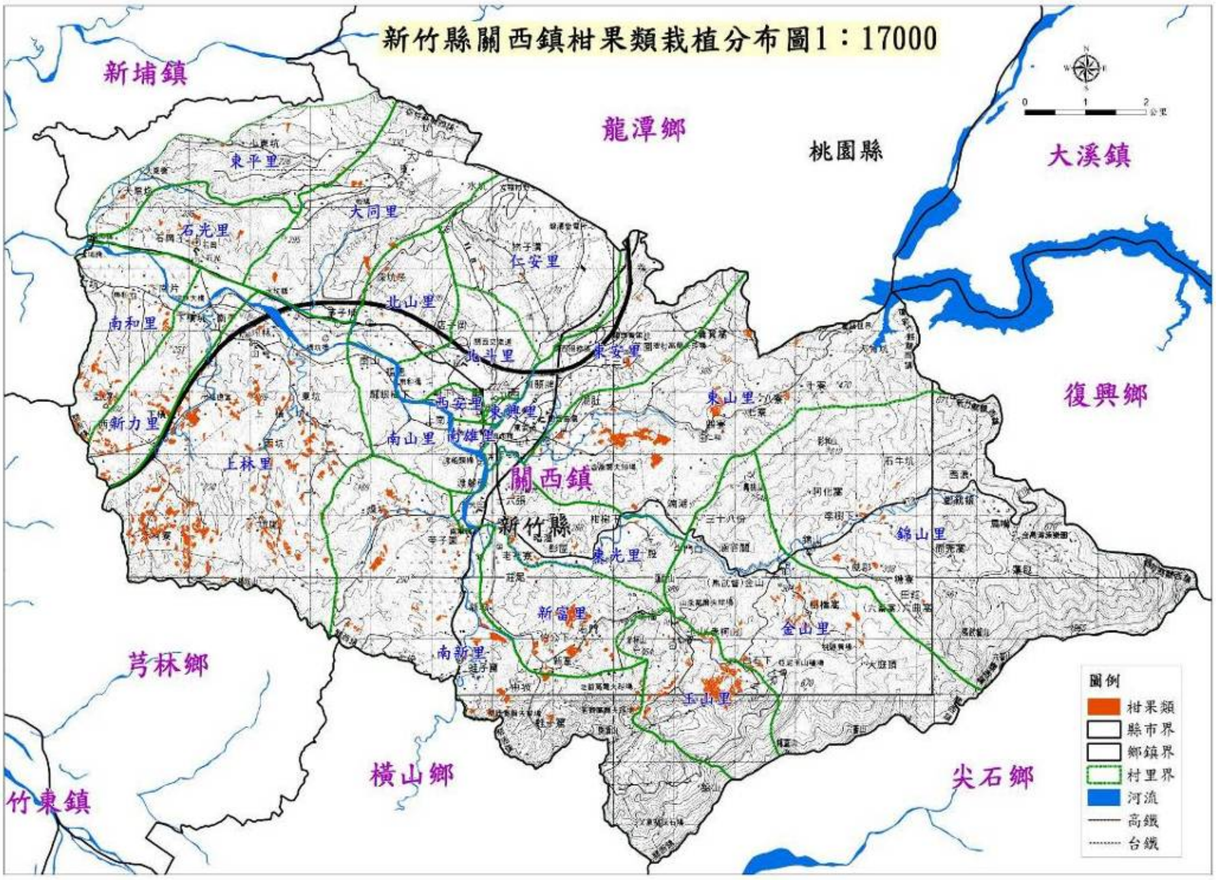


圖 3. 新竹縣關西鎮鄉柑果類栽植分布圖
農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

二、土壤分析與葉片分析營養診斷

土壤與葉片各種養分之生育功能與養分缺乏與過剩之營養障礙

(一) 氮

1. 徵狀

氮為蛋白質中胺基酸及葉綠素的成分之一。氮缺乏時的共通徵狀為生長受阻，主根長卻無側根，發育不良，葉片小而硬。輕微時，老葉黃化，幼葉呈淡綠色；嚴重時，由老葉漸向幼葉黃化，且老葉易枯乾脫落。因氮在植物體內之移動性屬中等，缺乏時葉片的黃化遍及全株，但下位葉有較嚴重的傾向。氮過量時易造成植株生長旺盛，葉片大而薄，莖葉軟弱，生殖生長延遲，抗病蟲害能力降低。

2. 發生條件

(1) 氮缺乏：

土壤肥力貧瘠、土壤酸鹼度過高 (pH 值 7.5 以上) 氮肥易揮散、氮肥施用量不足、施用碳氮比過高的未腐熟堆肥及遭大量雨水或灌溉水淋洗的粗質地土壤。

(2) 氮過量：

化學氮肥及含高氮有機質肥料長期施用過量，長期引灌含氮過高如食品廠廢水及禽畜場的糞尿水。

3. 改善方法

(1) 氮缺乏：

A. 依據「作物施肥手冊」不同作物氮肥推荐量施用，並應以基肥及追肥分次施用。

B. 粗質地及肥力貧瘠土壤可施用大量肥分較低且腐熟較高的有機質肥料；如落葉堆肥、樹皮堆肥、泥炭等。

C. 若缺氮係屬土壤過於乾旱所引起時，應適量灌溉或噴灌，以維持土壤濕潤。若因缺水無法灌溉或噴灌時，可用尿素溶液 2 - 5 g/L 作葉面施肥，每週 1-2 次。

D. 發現作物植株缺氮時，可用 250-500 mg/L 的氮素溶液，即約尿素 5-10 克溶於 10 公升水中，多次噴灌於土表，可快速補充作物所需的氮肥。

E. 一般作物適宜的土壤酸鹼度 (pH) 為 5.6-6.8 之間，土壤酸鹼度在 6.8 以上時，勿再施用石灰資材或鹼性物質，以減少土壤中氮肥的揮散損失。

F. 長期作物如果樹等可於適當時期採取葉片，送各區農業改場分析化驗，據以提供第二年的施肥參考。

(2) 氮過量：

A. 減少氮肥施用量。

B. 土壤中氮肥含量過高時，可灌水淋洗除去過量之氮。若土壤 pH 低者，亦可藉施石灰資材，使部分氨揮失。

C. 酌量提高磷及鉀肥的比例用量。

氮過多之柑桔果實(右)轉色不佳，且果型較小。圖片提供人：張淑賢。

柑桔缺氮葉片呈現黃綠色，嚴重時葉片黃化脫落，植株生育欠佳。圖片提供人：羅秋雄。

柑桔氮過多，植株生長茂盛，葉片呈濃墨綠色，易遭病蟲害侵襲。圖片提供人：張淑賢。

(二) 磷

1. 徵狀

磷為構成細胞核酸的成分之一，對細胞之分裂、碳水化合物及蛋白質之合成，呼吸作用等均有密切關係。作物磷缺乏時葉片變小呈暗綠色，成熟延遲，葉柄可能產生花青素而呈紅色或紫色，同時，葉柄、葉片及果實上會發生壞疽斑點。磷在作物體內的移動性中等與氮相近，因此，缺磷時徵狀也遍及全株，通常老葉較新葉嚴重。徵狀發生從葉尖往葉基發展，最後葉變成褐色而死亡。缺磷時植株生育受阻，根部發育不良，根數少且短並呈褐色。至於磷過量徵狀在台灣地區並不多見，但土壤磷過量的現象不少，磷在根系易與鋁、鐵及鈣等結合成難利用態化合物，而不易觀出磷過量的徵狀。

(三) 鉀

1. 徵狀

鉀在作物體內移動容易，因此，缺鉀的徵狀都先發生在老葉。作物缺鉀初期植株生長速率減緩，葉片呈現暗綠色，之後在老葉的葉緣及葉尖處出現白、黃或橘色的點或條紋，繼而發生褐變或壞死。作物缺鉀嚴重時，徵狀會逐漸擴延至新葉，最後整株作物枯死。根系的伸展也會因缺鉀而受阻，且根系容易腐爛。作物缺鉀時，對乾旱及病蟲害的抵抗力減弱，同時作物的品質嚴重受損，尤其是蔬菜及果樹。至於鉀過量徵狀在台灣地區並不多見。

(四) 鈣

1. 徵狀

鈣主要存在於作物細胞膜或細胞壁中，其功能為中和作物體內過剩的有機酸，強化細胞壁組織及調節體內水分。因移動性小，故缺鈣時老葉仍正常，但新葉及新根無法正常生長；缺鈣障害開始發生時葉片尖端部分黃白化，伸展停止，老葉則不變，根部變短而粗，嚴重時黃白化的幼葉漸漸褐變且葉緣部分枯死，極端缺鈣時葉易縐捲，根尖褐變枯死。果菜類的代表性缺鈣症狀，如番茄的尻腐病，白菜、芹菜及蘿蔔等的心腐病。至於鈣過量徵狀在台灣地區並不多見。

(五) 鎂

1. 徵狀

鎂為葉綠素的成分之一，直接影響光合成作用，同時也是若干酵素的成分或活化劑，幫助磷在作物體內移動，並參與油脂的合成。因鎂在作物體內的移動性大，故缺鎂時徵狀先呈現於老葉。一般中短期作物葉緣及葉脈間部份引起黃化，與葉脈周圍的綠色成明顯對比。果樹缺鎂徵狀自老葉或果實枝條附近的葉片出現，缺乏時生育初期正常，直至果實或子實肥大期徵狀開始顯現，老葉的葉緣開始黃化，而後展延至葉脈間，然葉脈仍呈綠色，嚴重時，發生褐變及壞死終而落葉。一般鎂缺乏除葉部症狀以外，其他器官並無異常。至於鎂過量徵狀在台灣地區並不多見。

柑桔缺鎂，自老葉的尖端及葉緣開始黃化，僅中肋保持綠色，嚴重時只葉基部有綠色殘存，而成倒 V 字形的圖形。圖片提供人：張淑賢。

文旦缺鎂，葉片不同程度的黃化徵狀。圖片提供人：林慶喜。

(六) 鐵

1. 徵狀

作物缺鐵的共通徵狀，新葉黃化，嚴重時黃白化。缺鐵通常葉脈與葉肉均黃化，而葉脈間成淺綠至黃白化，缺鐵轉劇時整片葉片黃白化，但老葉不發生缺乏症狀，若不予補救，則新生之葉片小型化，新芽伸長緩慢甚至停止。

2. 發生條件

(1) 土壤為中性至鹼性，或施石灰過多時，土壤中的鐵變為不溶性。一般而言，土壤酸鹼度升高一單位，鐵的活性 (activity) 降低一千倍，而減少鐵被作物之吸收，易引起缺鐵。

(2) 栽培介質鹽分含量高，且 pH 值近中性至鹼性，使作物根部吸收鐵的能力降低，極易導致鐵缺乏。<u>其他微量要素例如錳與鋅亦會因上述條件而產生缺乏。</u>

(3) 鐵在作物體內移動性慢，土壤過分乾燥，或鹽類異常累積時，鐵之吸收受阻，新芽及葉極易出現鐵之缺乏症狀。<u>其他微量要素例如錳與鋅亦會因上述條件而產生缺乏。</u>

(4) 磷肥施用過量，易使過多的磷與鐵在根組織內外形成沈澱，使作物體內鐵輸送受阻，導致上位葉鐵不足而產生缺乏症狀。

(5) 錳及銅吸收過多時，使作物體內的鐵易被氧化成三價的不活性鐵，導致鐵的缺乏。

(6) 養液或介質栽培作物，鐵供應量不足時也易引起鐵的缺乏。

3. 改善方法

(1) 作物發生缺鐵症狀時，應儘早以 1- 5 g/L 硫酸亞鐵或 0.5 g/L EDTA 鉗合鐵溶液，每隔一週葉面噴施一次，連續噴施數次，噴施時間以黃昏太陽較弱時為佳。

由於鐵在作物體內移動性小，葉面施肥時沒有噴到的部分不易恢復綠色，因此，宜以低濃度溶液連續噴施數次，至葉片全部轉綠為止。葉面施肥兩面均需噴施，尤其是下表皮的氣孔較多。

(2) 果樹新梢出現黃白葉時，可在樹幹打入鐵釘，或在樹幹上開直徑五厘米深 10 厘米左右之穴，放入適量之檸檬酸鐵或磷酸鐵，再覆蓋原樹皮或以臘封之。

(3) 施用產酸或生理酸性肥料如硫酸銨、氯化銨及氯化鉀等，可降低土壤酸鹼度，而增加鐵之活性。若過量施用石灰質肥料使土壤成為鹼性或鹼性土壤，則可在作物種植前視土壤酸鹼度高低，每分地施用硫磺粉 100 - 300 公斤，並與土壤充分混合，降低 pH 值，增加鐵的活性。

(4) 中性至鹼性土壤，鐵的活性低，但鉗合鐵則不會，因此，每分地可施用 2-3 公斤的鉗合鐵，或施用較為便宜的硫酸亞鐵 5-6 公斤。(因吸引主要為 Fe^{+2} 而非 Fe^{+3}) 。

(5) 多施堆肥，除可增加土壤有機質提高緩衝能力外，堆肥分解時亦能溶解土壤中的鐵及產生鐵鉗劑化合物，可被植物吸收利用。

(6) 長期作物如果樹等可於適當時期採取葉片，送各區農業改場分析，據以提供第二年的施肥參考。

柑桔缺鐵。新葉葉脈間黃化，嚴重缺乏時黃白化，中肋及葉脈保持綠色，老葉正常。圖片提供人：林慶喜。

(七) 錳

1. 徵狀

缺錳徵狀常出現於新葉，葉脈間黃化而呈淡綠色，僅與中肋及主要葉脈鄰接部分仍保持綠色，與缺鐵類似，但葉脈週邊殘留之綠色較缺鐵明顯，且嚴重缺乏時也不會呈現白化，此有別於鐵缺乏。缺錳葉片陽光透過葉背時，徵狀更為清晰可見，嫩葉之葉脈呈綠色細網狀而葉肉為淡綠色。輕微缺乏時，徵狀於生長後期即消失，嚴重缺乏時，葉脈轉為灰暗綠色，葉肉仍保持淡綠色，徵狀持續至生長後期仍不消失。許多作物之成熟葉片錳含量若低於 20 mg/kg，即呈現缺錳徵狀。作物種類不同錳缺乏出現部位會有極大差異，多數果樹及長期作物錳缺乏徵狀均由新葉先發生，再漸次擴展至下位葉，老葉維持正常，但短期葉菜類錳缺乏徵狀新葉及老葉均可能

出現。初期先出現於新葉，再至老葉，若新葉及老葉均出現，則表示缺乏嚴重。

2. 發生條件

(1) 石灰質土壤或為矯正土壤酸度而施用過量石灰時，土壤酸鹼度偏鹼，作物容易缺錳。錳在土壤中通常以氧化物存在，其溶解度隨土壤 pH 升高而降低，又作物僅能吸收二價錳，當土壤 pH 大於 6.5 時，二價錳易被微生物氧化為四價錳，而無法為作物吸收利用，因此，許多酸鹼度高於 6.5 之土壤，作物易發生錳缺乏症。

(2) 排水不良且有機質含量豐富之石灰質土壤，作物更易缺錳。

(3) 錳含量較低之土壤，例如酸性之砂質土壤，經長期淋洗其錳含量甚低。

(4) 乾旱時，易發生缺錳症。

(5) 養液或介質栽培作物，錳供應量不足時也易引起錳的缺乏。

3. 改善方法

(1) 出現缺錳徵狀時，儘快於葉面噴施 2.5–5.0 g/L 硫酸錳水溶液 (先分別配製 5-10 g/L 之硫酸錳液和 2.5–5.0 g/L 之消石灰液，再等量混合而成，以防藥害)，每隔 7- 10 天噴施一次，直到症狀消失為止。若噴施錳乃浦或鋅錳乃浦等藥劑以防治病害時，亦有防治缺錳的效果。

(2) 酸性土壤缺錳時，以土壤施用硫酸錳 200-400 公斤/公頃或葉面噴施來防治，鹼性土壤缺錳仍以葉面噴施效果較佳。

(3) 石灰質土壤或石灰施用過量引起的缺錳，除以葉面噴施硫酸錳外，可採用產酸或生理酸性肥料如硫酸銨等 (銨易以氨揮失)，亦可施硫磺，以降低根圈土壤 pH 值，而提高土壤錳的有效性。

(4) 長期作物如果樹等可於適當時期採取葉片，送各區農業改場分析，據以提供第二年的施肥參考。

文旦缺錳，其葉片缺錳徵狀與柳橙相近。圖片提供人：林慶喜。

(八) 銅

1. 徵狀

銅為氧化還原酵素的成分。因銅移動性差，缺乏時如同多數微量要素一樣，缺乏會立即引起葉片黃化甚或生長點枯死。果樹症狀首先出現新梢葉片，葉色深綠而捲曲，但在葉基處下方綠色枝條，常因碳水化合物的聚積而產生黃色斑點，此黃色斑點將逐漸擴大而使莖幹或枝條遭受環割，繼而流出水溶性的棕色樹膠，致葉片脫落而遺留黃色椏枝，最後椏枝在未完全發育前即枯死。在原來嫩枝或嫩芽枯死處將再長出許多新芽，而後生成窄小的徒長葉。銅缺乏不但影響葉的發展，同時亦會影響果實的外形和品質。缺銅時，聚積在果實外表皮的流膠將使得果實出現紅棕色的斑點或形成裂果，缺乏嚴重時，果實在尚未成形前即已掉落。蔬菜缺銅常生長點枯死，或一般新葉變小，細長，葉肉黃化，葉片自葉緣向內捲曲，但也有老葉向下捲曲者。

(九) 鋅

1. 徵狀

鋅是若干酵素的成分，具有氧化還原反應之接觸作用。其最重要的功能為參與生長荷爾蒙前驅物色胺酸（tryptophan）的合成。因移動性小，鋅缺乏徵狀首先出現於新梢葉片或上位葉，徵狀會因作物種類不同而略有差異。一般而言，中度至嚴重缺乏時，葉片變小而畸型，節間縮短而呈小葉簇生狀（little leaf and resetting)，有些作物尚伴有葉片黃化徵狀，葉脈間黃化而呈黃綠色，但與葉脈緊鄰部分則保持綠色。一般作物的成熟葉片鋅含量低於 20 mg/kg，即呈現缺鋅徵狀。

2. 發生條件

(1) 鹼性且經長期淋洗作物之砂質土壤，鋅含量偏低。

(2) 石灰質或石灰施用過量的土壤，鋅的有效性低。因在高 pH 值和游離碳酸鈣存在下，鋅易被土壤黏粒和碳酸鈣吸附，且鋅的氧化物溶解度降低，因而鋅的有效性低。另土壤中碳酸氫根 (HCO_3^-) 會抑制作物對鋅的吸收，而加重鋅的缺乏。

(3) 有機質土壤之有機質的 CEC 高，使鋅被強力吸附，而降低被作物吸收的量。(有機酸與鋅鉗合反而會增加鋅被吸收的機會)

(4) 土壤磷含量過高或長期施用過量磷肥，使土壤中的鋅更易被吸附而降低其有效性。

(5) 作物罹患毒素病或柑桔罹患立枯病，使鋅在作物體內的運送受阻而引起缺鋅，其缺乏與土壤中鋅的含量及有效性無關。

(6) 養液栽培作物，鋅用量不足。

3. 改善方法

(1) 土壤施用：

每公頃施用硫酸鋅 40-80 公斤或氧化鋅 30-50 公斤，以條施或穴施可減少土壤固定，效果較佳，土壤施鋅應避免過量，以防引起毒害。

(2) 葉面噴施：

發生缺鋅徵狀時，儘快以 2.5-5.0 g/L 硫酸鋅水溶液加半量消石灰以防藥害，每隔 7-10 天噴施於葉面，直到症狀消失為止，防治病害的藥劑如鋅錳乃浦

亦有防治缺鋅的效果。

(3) 施用鋅含量較高的有機質肥料，例如雞糞，但不可每年連續大量施用，以免引起毒害。(銅含量較高的有機質肥料為豬糞，惟動物飼料中必需維持銅與鋅的平衡，若禽畜糞銅含量過高，則鋅含量亦高。)

(4) 土壤中鋅的有效性以 pH 值在 5.6-6.8 之間為最高，過酸或過鹼土壤宜以石灰或硫磺調整土壤 pH 值至適宜的範圍內。

(5) 長期作物如果樹等可於適當時期採取葉片，送各區農業改場分析，據以提供第二年的施肥參考。

麻豆文旦缺鋅。新梢葉片葉脈間黃化，葉脈及鄰接部份仍保持綠色，節間縮短。
圖片提供人：林慶喜

(十) 硼

1. 徵狀

硼與細胞分裂、花粉受精、養分吸收及糖之輸送等有密切關係。因硼移動性較慢，其徵狀發生在頂梢之生長點、幼葉、塊根、莖、或果實等生長發育中的組織，其徵狀因作物而異，歸納如下：

(1) 頂梢的生長點和心葉生長受阻，白化或褐化而壞死，刺激側芽生長 (部份側芽也隨即壞死) 而呈叢生或簇生狀。

(2) 葉柄或莖增厚變粗短，有裂痕且木栓化，或有水浸狀壞死。

(3) 葉片畸型，變厚易碎，或皺縮捲曲，部份作物兼有葉脈間黃化徵狀。

(4) 缺硼抑制花粉、花蜜形成及花粉管發育而影響受粉，造成嚴重落花及落果。

(5) 果實畸型，發育緩慢，果皮或果肉局部木栓化或壞死而凹陷呈腫瘤狀，或果肉局部呈水浸狀，果皮增厚，果汁率低，種子發育不良。

(6) 塊根或塊莖內木栓化或黑心。

(7) 一般作物對硼的忍受性低，施用過多即引起毒害，其徵狀為成熟葉的葉緣或葉尖黃化、燒焦、捲曲或乾枯，或呈褐色斑點，毒害嚴重時極易造成落葉。

2. 發生條件

(1) 硼缺乏：

A. 雨量豐地區的河床地、石礫地、砂質土、或紅壤等，因長期淋洗作用使土

壤中硼含量極低。

B. 酸鹼度 (pH 值) 高的石灰質土壤，硼變難溶性，有效性低。

C. 乾旱時，硼在土壤中的移動性和作物的吸收受阻，更易發缺硼。

D. 氮及鉀肥過量施用也易造成硼的吸收不良。

E. 養液栽培作物，硼用量不足。

(2) 硼過量：

A. 硼施用過量。

B. 灌溉水中含硼過高。

3. 改善方法

(1) 硼缺乏：

A. 土壤施用：

缺硼土壤每公頃施用硼砂 5-10 公斤，缺乏嚴重地區可酌量增加用量。十年生或每株果實收量約 60 公斤之柑桔缺硼時，每株可施用硼砂 50 公克。壤土或更黏土壤，其殘效可維持三至四年以上，硼砂不可施用過量以防毒害。

B. 葉面噴施：

經診斷為缺硼或出現缺硼徵狀時。蔬菜以 1-2 g/L 硼砂或硼酸溶液，每週噴施一次，噴施 3-5 次即可。果樹自開花前至果實發育初期，以 2.5 g/L 硼砂或硼酸溶液，每隔一週行葉面施肥，噴施 2-3 次即可達到防治效果。注意不可過量或連年噴施，以防毒害。

C. 乾旱季節，注意灌溉。

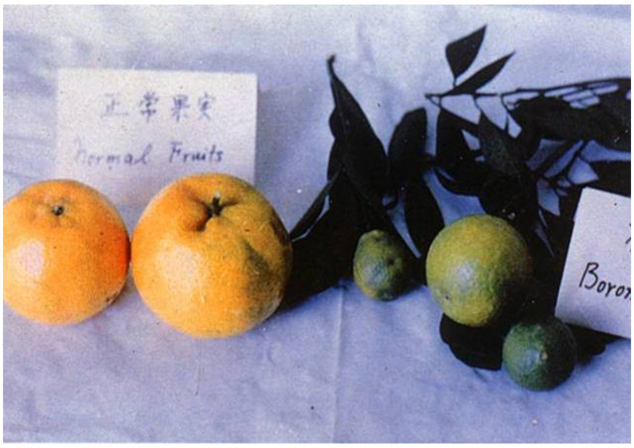
D. 酸鹼度高之土壤採用產酸或生理酸性肥料，如硫銨等，以降低根圈土壤 pH 值，提高硼的有效性。

E. 長期作物如果樹等可於適當時期採取葉片，送各區農業改場分析，據以提供第二年的施肥參考。

(2) 硼過量

A. 避免過量施硼。

B. 若因施硼過量而引起毒害時，短期內可增施氮肥及加強灌溉，以促進枝葉生長，稀釋作物體內硼濃度，減輕毒害程度。



柑桔果實缺硼。果實表面凹凸不平，皮厚、堅硬無汁，俗稱石頭柑。圖片提供人：張淑賢。

文旦缺硼。翼葉近葉柄處有橫向褐色木栓化龜裂。圖片提供人：林慶喜。

柑桔缺硼葉柄橫向褐色木栓化龜裂 (近照)。圖片提供人：林慶喜。

文旦果實缺硼。果實肥大不良，表面凹凸不平，果輕汁少而乾硬，果實中心部有褐色或黑色膠狀物。圖片提供人：林慶喜。

(十一) 鉬

1. 徵狀

鉬在植體內主要參與硝酸還原作用及豆科作物的固氮作用，缺乏時，氮的新陳代謝即受阻，因此，鉬缺乏症狀頗似氮的缺乏。鉬因參與豆科作物的固氮作用，一般而言，豆科作物較常發生鉬缺乏，但一般作物及園藝作物也可能發生。鉬缺乏時老葉顏色變淡或出現黃化，隨著缺乏程度的加深，其他部位的葉片也會顯現缺乏症狀，通常在葉緣尚未發生捲曲和枯萎前，葉脈間先顯現黃綠色或黃色斑點，嚴重時斑點數激增，且在葉片未完全成熟前即已掉落。鉬缺乏症狀主要顯現於葉部，而果實部份則不大受影響。

2. 發生條件

(1) 有機質低的粗質地土壤，其鉬含量甚低。

(2) 土壤屬強酸性 ($pH<5.5$) 者，常有缺鉬現象，主要原因為鉬與土壤中的鐵、鋁結合成不溶性的鉬酸鐵或鉬酸鋁。

(3) 土壤中磷酸多時，鉬較容易被作物吸收，而磷酸不足時，鉬易缺乏。

(4) 鉬在土壤中移動至作物根部的機制，在土壤溶液鉬高於 4 μg / kg 時，主要靠質流作用，而當低於 4 μg / kg 時則靠擴散作用。土壤水分含量低時，質流及擴散均將受阻，而影響鉬在土壤中的移動和根系的吸收。

(5) 根圈附近若存在高濃硫酸根 (SO_4^{2-})、銅、錳或銨態氮 (NH_4-N)，將抑制作物對鉬的吸收。

3. 改善方法

(1) 酸性土壤施用石灰石粉或白雲石粉，可提高土壤中鉬的有效性，以矯正鉬的缺乏。其中又以白雲石粉的效果較佳。

(2) 鎂可促進作物對鉬的吸收，含鎂肥料的施用可減輕鉬的缺乏。

(3) 鉬含量偏低的土壤，應避免大量施用含硫酸根的肥料，且儘可能以硝酸態氮取代銨態氮肥。

(4) 施用磷肥可增加土壤溶液中鉬的濃度，可增進作物根部對鉬的吸收，有助於鉬

缺乏的改善，但其原因未明。

(5) 乾旱季節土壤水分偏低，應適時合宜的灌溉，以促進鉬在土壤中的移動。

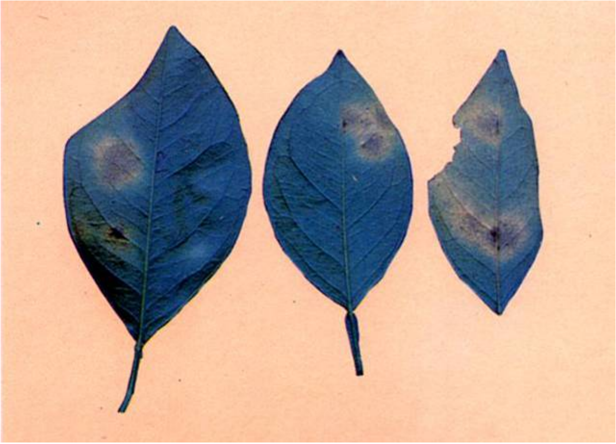
(6) 土壤施用：

缺鉬土壤每公頃可施用鉬酸鈉或鉬酸銨 200-300 公克，唯實際施用量應隨土壤及作物種類而異。由於施用量少，宜與大量要素肥料混合均勻後，再施用。除含氧化鐵、氧化鋁多，且固定能力強的酸性土壤，需酌予增加施用鉬次數外，一般土壤不需每年施用，每施用一次即可發揮數年的殘效。

(7) 葉面鉬噴施：

經診斷為缺鉬或出現缺鉬徵狀時，以 0.5-1.0 g/L 鉬酸鈉或鉬酸銨溶液噴撒葉面，每隔 7-10 噴施一次，直至症狀消失為止。

(8) 長期作物如果樹等可於適當時期採取葉片，送各區農業改場分析，據以提供第二年的施肥參考。



柑桔(柳橙)葉片缺鉬，春梢葉片呈黃色橢圓形病斑，中央褐變。
圖片提供人：張淑賢。

三、產地不同區域土壤性質之土壤管理與施肥推薦

試驗調查區果園土壤母質與理化性質

試驗調查區果園分別坐落於**新竹縣寶山鄉**油田村、**峨眉鄉**石井村、**關西鎮**新力里及金山里等處，其依據新竹縣土壤管理組圖，各果園土壤均為山坡地。

土壤酸鹼值網格管理網格圖顯示，本示範調查區新竹縣寶山鄉油田村、峨眉鄉石井村、關西鎮新力里，其土壤強酸至極強酸性，pH 4.5-5.0居多，僅關西鎮金山里pH 5.1-5.5。由示範調查區土壤肥力分析顯示，民國98年示範區及對照區表土酸鹼度分別為4.9及4.4，底土則為4.7及4.4，民國99年則各示範點均略降0.2單位，惟至民國100及101年各示範點表土已提高至5.3，四年平均示範區表土5.1，底土4.8，均較對照區4.4及4.2高0.6 - 0.7單位，惟仍須繼續施用苦土石灰等石灰資材提高pH至5.5以上。

土壤有機質網格管理網格圖顯示，各示範調查區新竹縣寶山鄉油田村、峨眉鄉石井村、關西鎮金山里果樹產區因為投入大量之有機質肥料，土壤有機質含量豐富為30 -

50 g/kg，僅關西鎮新力里為20- 30 g/kg。土壤有機質含量民國98-101年各示範點表土示範區平均27.5 g/kg 略高於對照區26.8 g/kg，示範區底土24.7 g/kg高於對照區20.3 g/kg，惟均低於參考值30 g/kg，顯現不足現象。故推薦可施用氮不高於20 g/kg，非豆粕類但纖維素，木質素及有機碳較高或C/N較高之粗質有機資材，或以含有機質之複合肥料取代部分化學複合肥料，改善土壤理化性質。

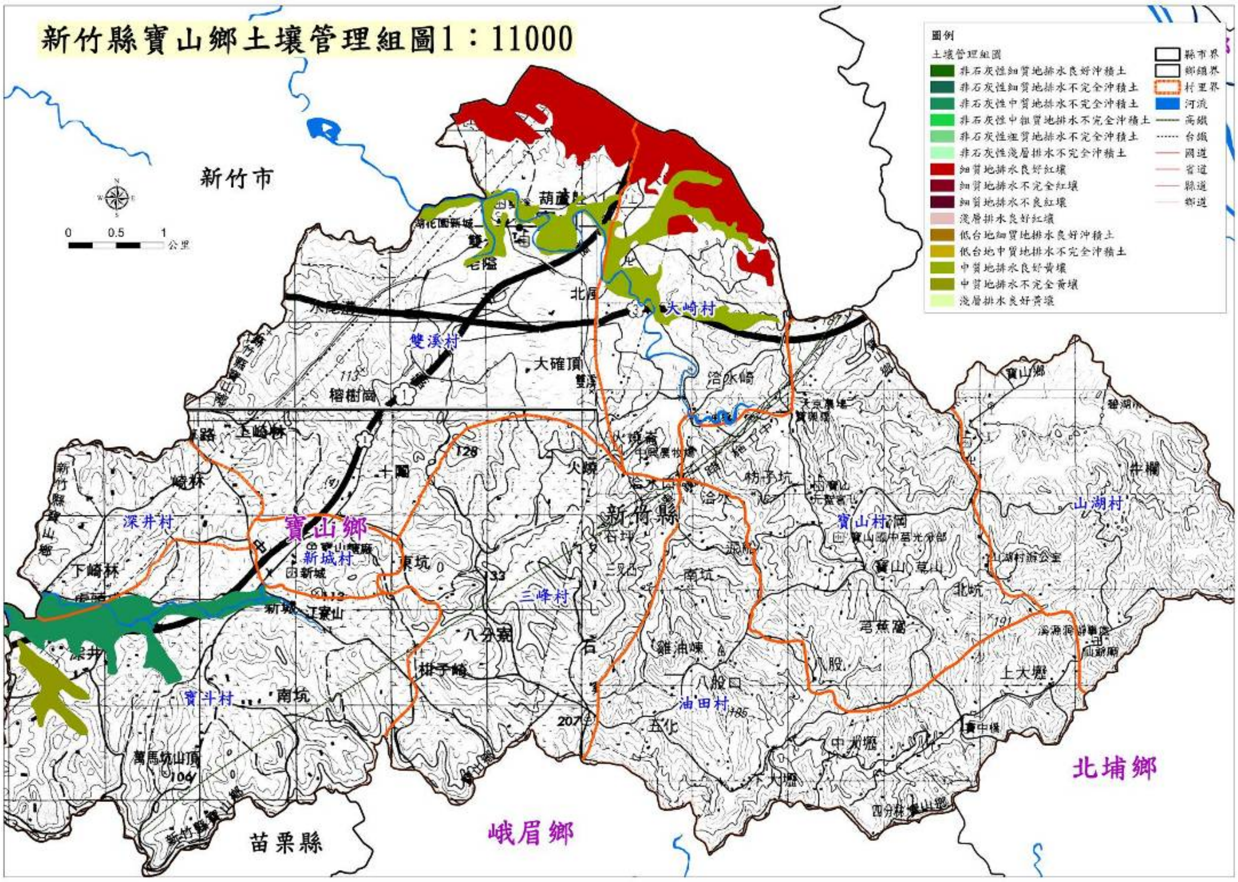


圖 4. 新竹縣寶山鄉土壤管理組圖
農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

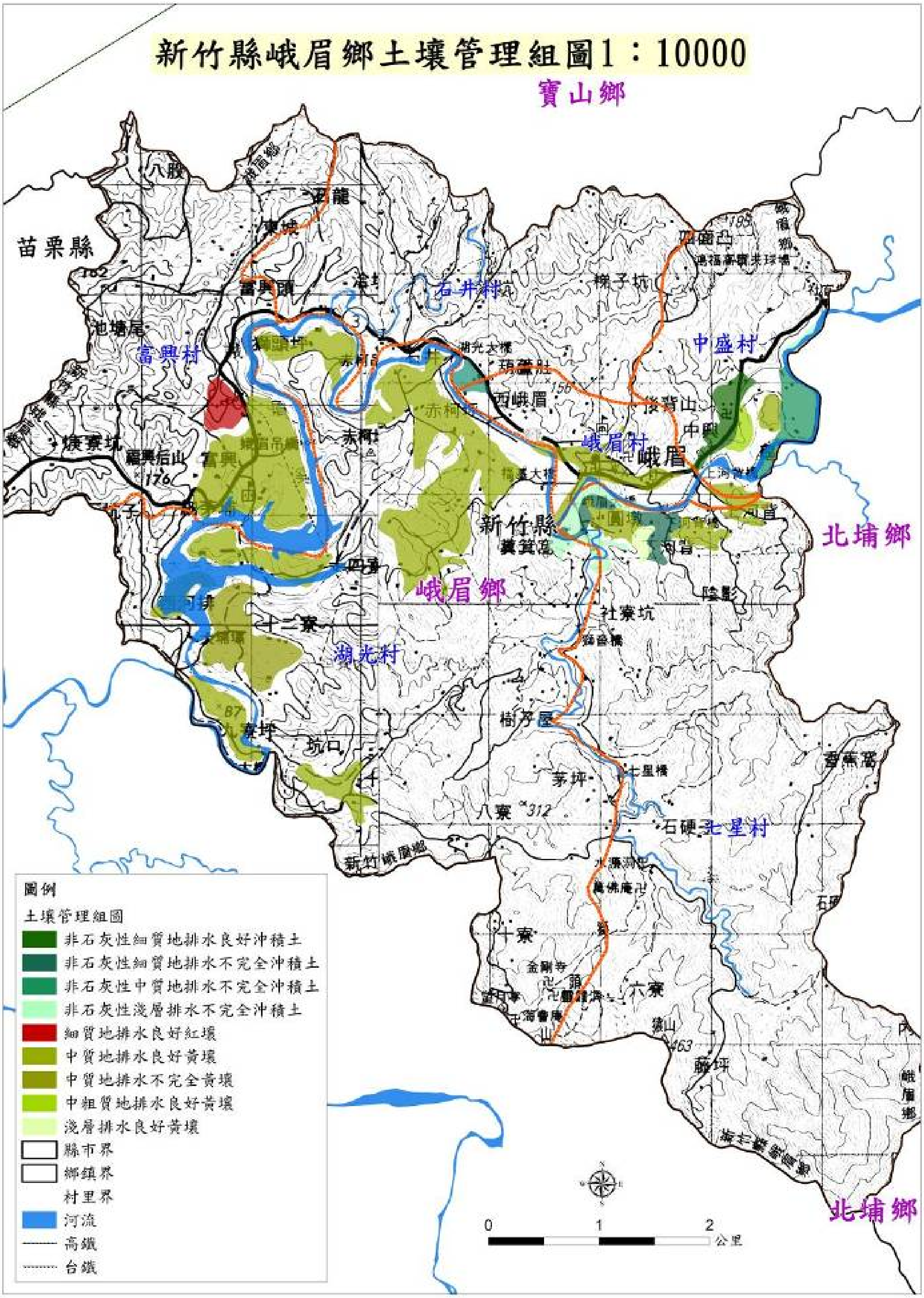


圖 5. 新竹縣峨眉鄉土壤管理組圖
農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

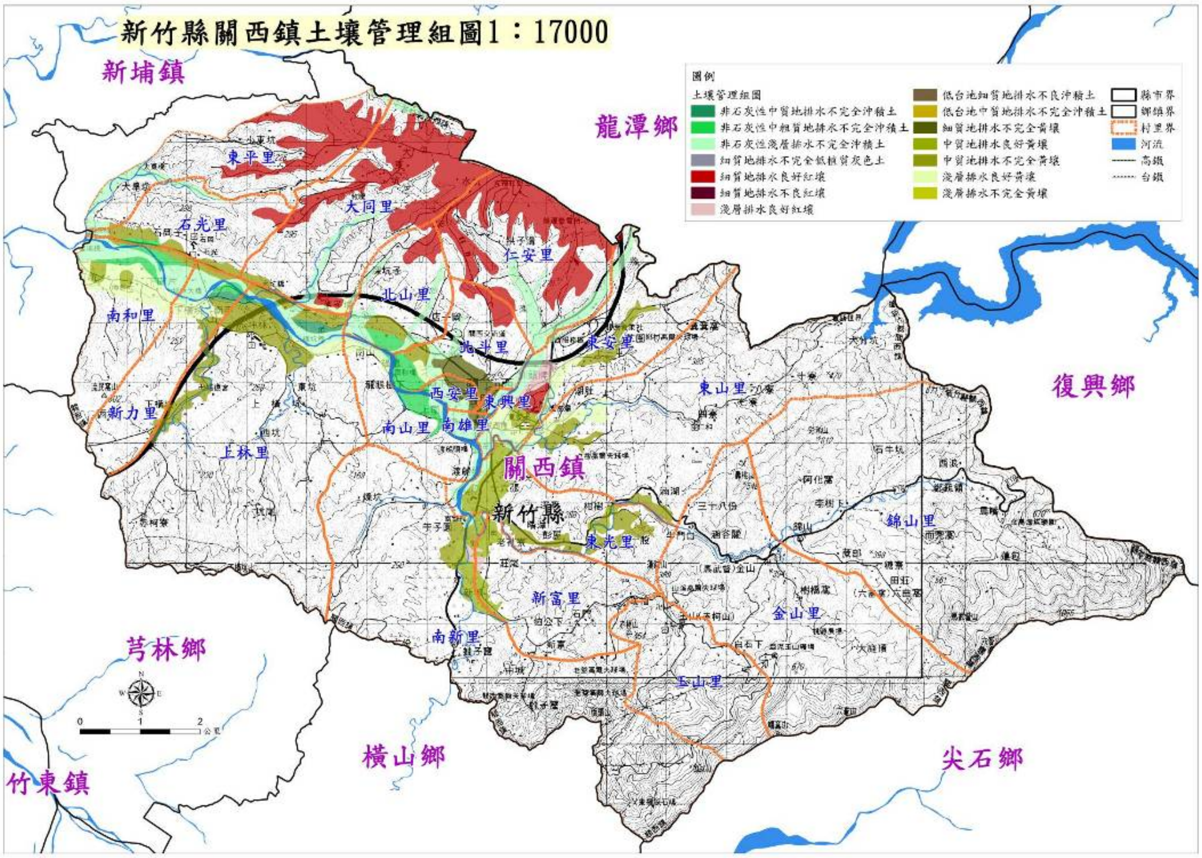


圖6. 新竹縣關西鎮土壤管理組圖

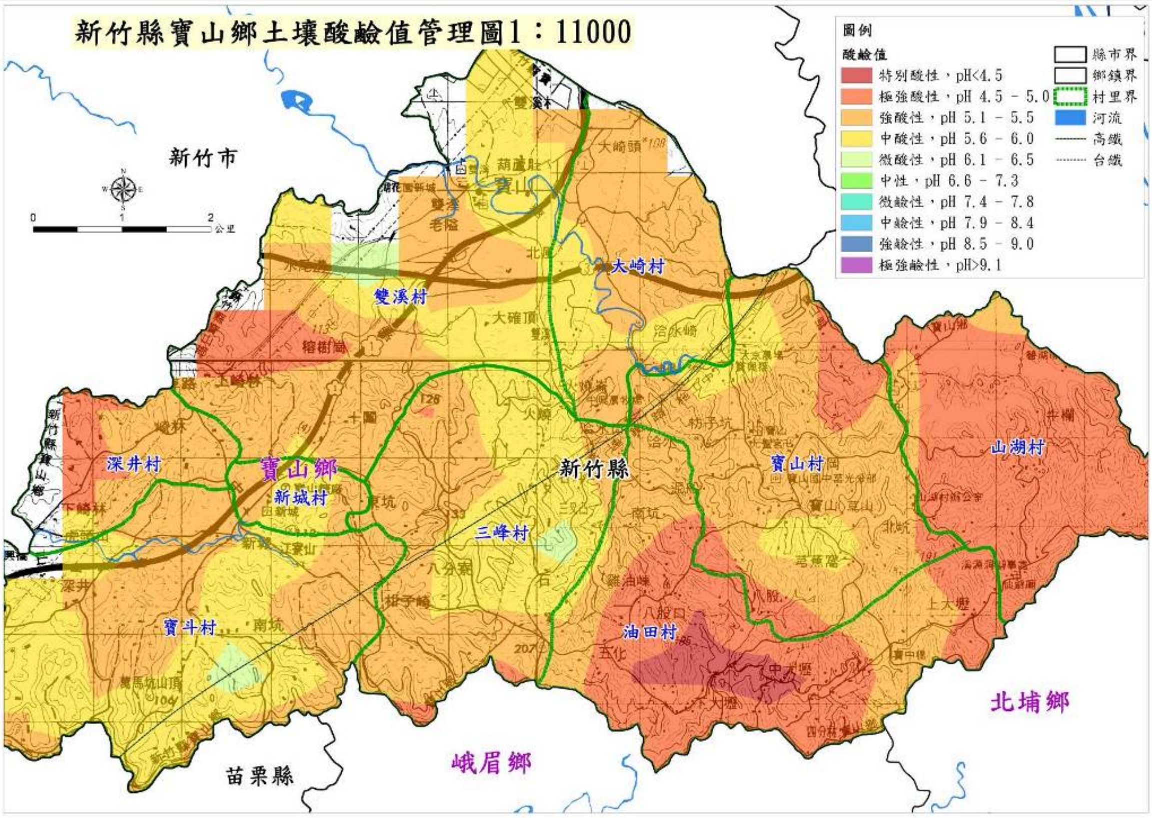


圖7. 新竹縣寶山鄉土壤酸鹼值管理圖

農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

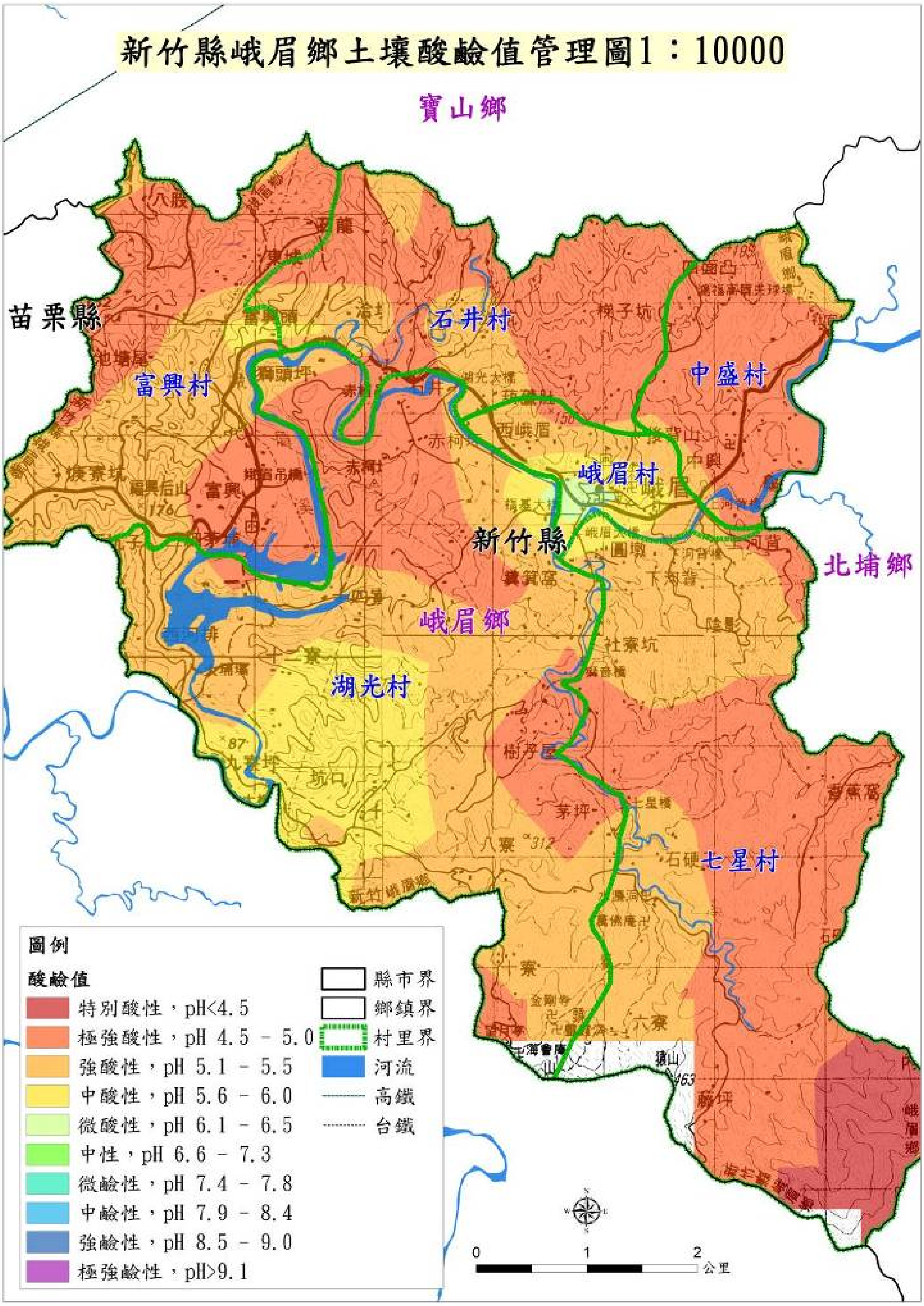


圖8. 新竹縣峨眉鄉土壤酸鹼值管理圖
農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

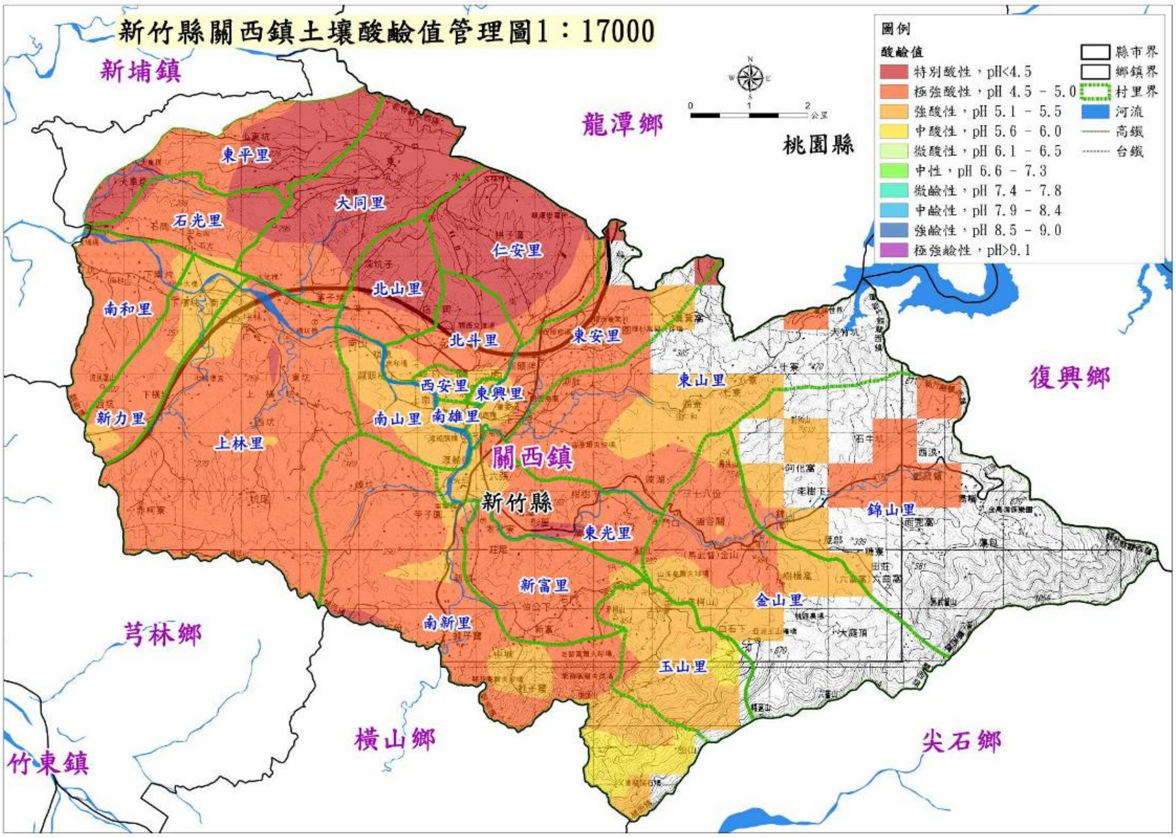


圖9. 新竹縣關西鎮土壤酸鹼值管理圖

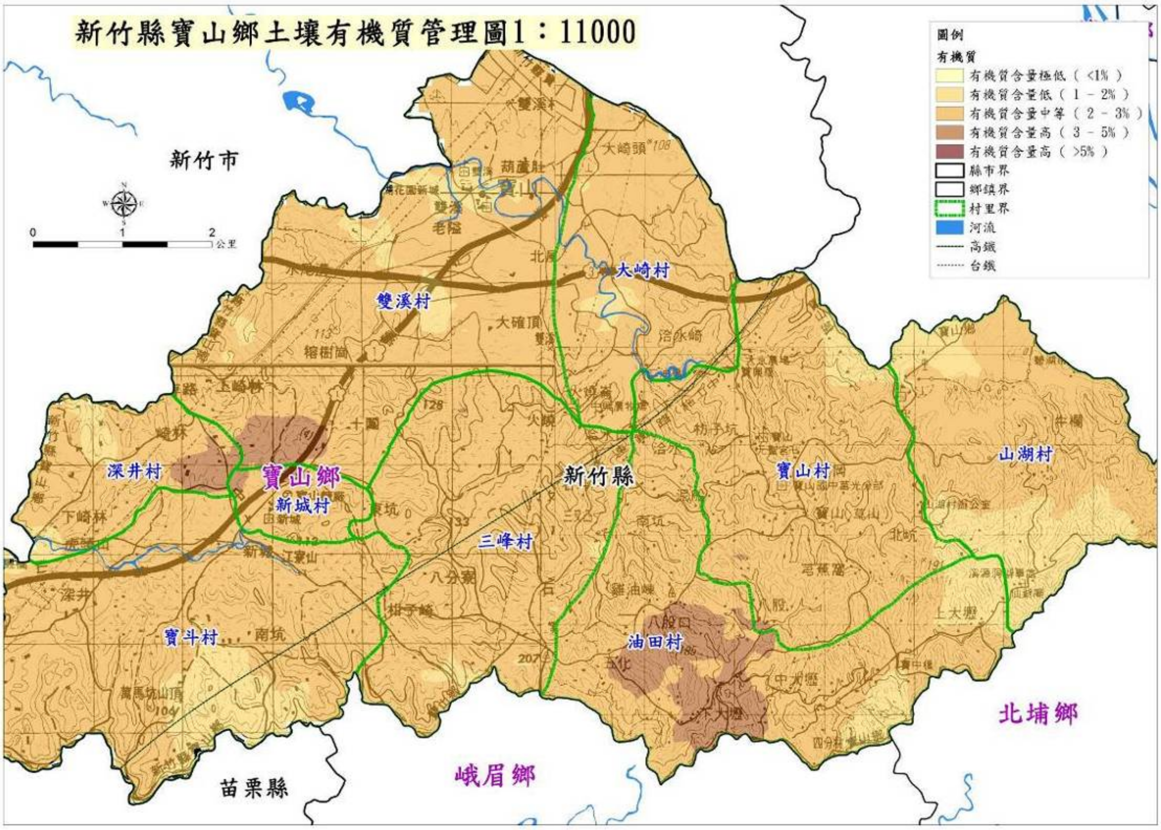


圖10. 新竹縣寶山鄉土壤有機質管理圖
農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

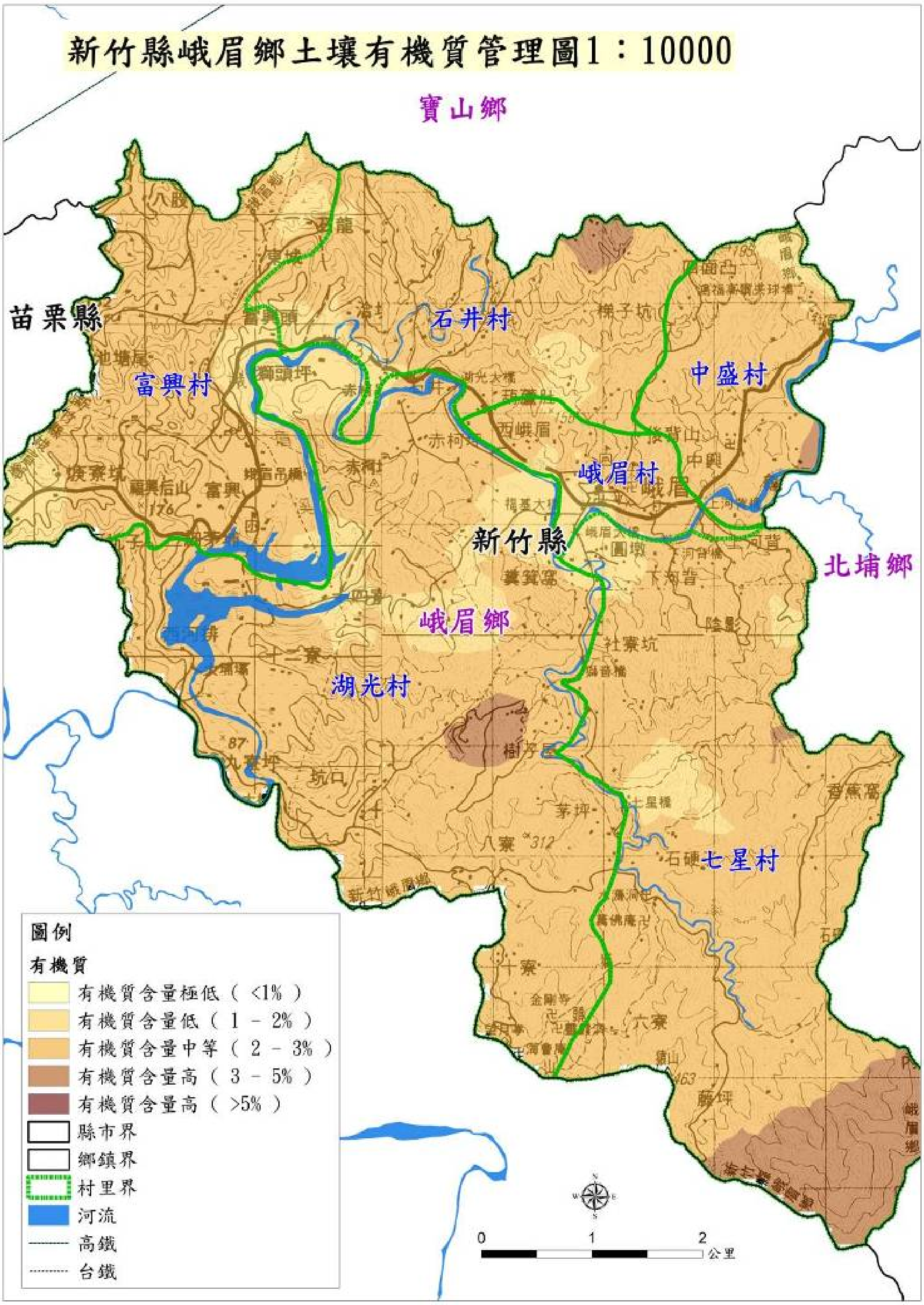


圖11.　新竹縣峨眉鄉土壤有機質管理圖
農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

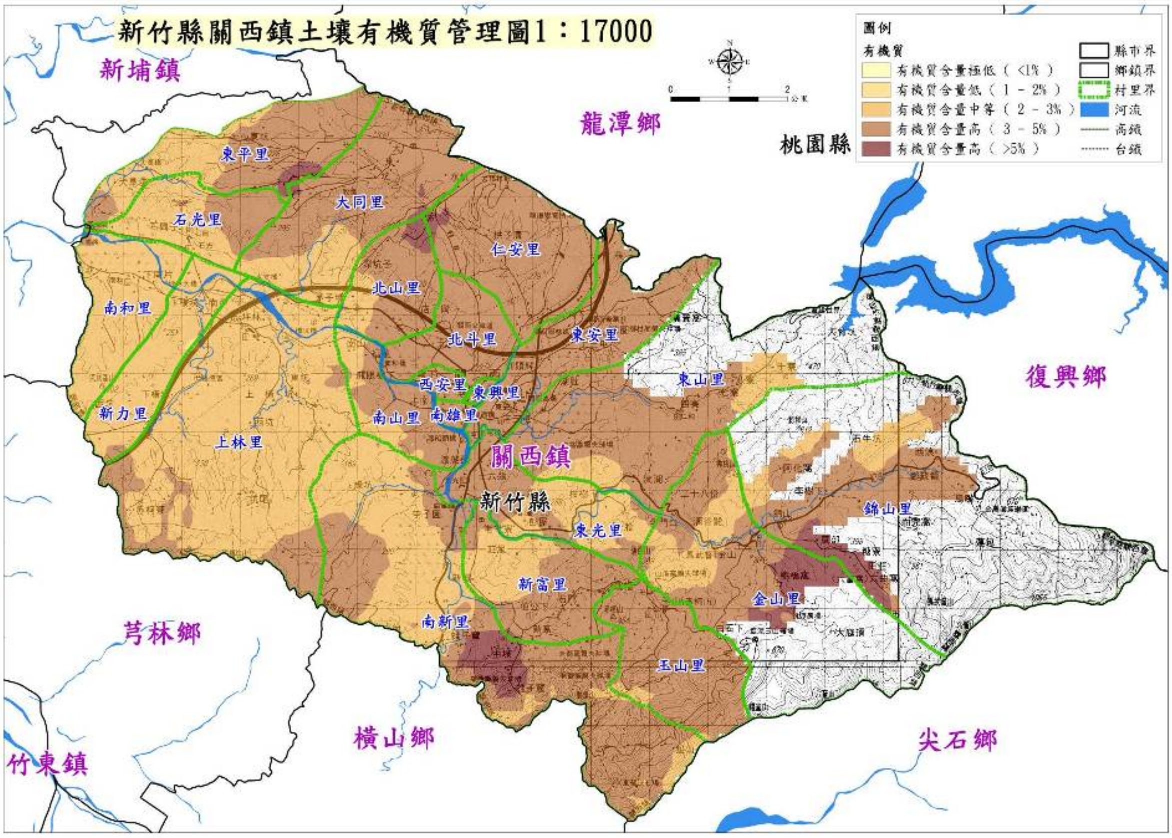


圖 12. 新竹縣關西鎮土壤有機質管理圖
農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

四、目標或預期產量肥料三要素施肥量推薦

施肥原則概述

經由分析結果，可調整其肥料施肥量及方法，故土壤管理為多方面向，如土壤化學性質，土壤酸鹼值 pH、EC、OM、大量要素及重金屬含量，均與作物生長息息相關，同時兼顧土壤物理性質，包括土壤水分、土壤質地等因素，另亦兼顧土壤生態環境微生物。唯有良好生態環境，對於土壤微生物繁殖與生存方有助益。微生物可經由共生固氮、溶磷、溶鉀等效益，增加植物養分吸收，減少肥料的施用，提高肥料有效利用率，故利用土壤分析與土壤資訊之土壤管理組資料庫具有極重要參考決策價值。

氣候因子對作物生育的影響甚鉅。日照和溫度影響作物對營養要素的吸收及利用，水分 (如雨水，灌溉水等) 影響養分的溶出和移動，以及作物根系吸收利用能力。在高溫高日照下，作物對氮吸收及利用快，因此，常出現新生枝葉繁茂而導致鈣的缺乏 (鈣在高溫、通氣不良的條件下，吸收率降低)、鉀的潛在性缺乏 (鉀量不充足時，在艷陽下易致全株葉片軟垂)。在低溫低日照時，作物生育速度較緩慢，此時，應施用較高濃度的氮及磷肥 (低溫時，磷被作物之吸收率大減)，以促進作物的生長。

適當的水分是維繫作物生長的重要條件。一般而言，氧氣充足，水分愈多，作物生育則愈旺盛。水分是營養要素 (肥料) 溶解的溶劑，唯有溶於水的營養要素才能迅速被作物吸收利用。在設施栽培時，水分可藉由設置的管路精確控制，而在露地栽培時，水分由灌溉溝渠或雨水提供，惟雨水提供的水量難以掌控，若雨量太大，常易造

成肥料之流失，因此，**水分管理**和肥培管理兩者必需適度配合。

土壤性質與肥培管理息息相關。粗質地土壤 (如砂質土、石礫地) 栽種作物，其土壤保水、保肥力弱，施肥宜採少量多次為宜，施肥總量可酌增 30-40 %。一次大量施用肥料，易造成作物肥傷及流失。細質地且保肥力佳的黏質土壤可多量少次方式最佳，施肥總量可酌減 20-30 %。如果是黏質土壤果園，因保肥力太強，施肥量反而需增加。**強酸性和石灰質**土壤磷的固定能力強，除應酌增磷肥量外，亦可藉施用有機質肥料以降低土壤對磷的固定，或接種溶磷菌和菌根菌增加磷肥吸收及有效性，磷肥施用技術益形重要。**土壤排水不良**鉀的吸收受到抑制，故可酌情增施。**強酸性土壤**易發生缺鈣、鎂及錳毒害；石灰質黏板岩沖積土，土壤 pH 值偏高，易發生鐵、錳、鋅、硼缺乏，故於栽種作物前，可酌量施用，以預作防備，必要時可採葉面施肥方式補充。

柑桔生長需考量其品種和生育特性。**生育期**可分為苗期、營養生長期和生殖生長期；苗期僅須較少量肥料，肥料施用過量易致生育不良或肥傷。營養生長期則以氮肥為主，以生產足量的枝條及葉面積。生殖生長期則應適量減施氮肥，提高磷和鉀肥施用量，避免因氮肥過多，枝葉過度繁茂，而不利於果實的生長。

目前實施**草生栽培**，果園呈現一片綠油油的景象，深具生態之美。草生栽培與果樹競爭土壤養分及水分、影響土壤性質、降低農產品產量與品質，以及耕作上之不便，惟其效益可減少果園水分劇烈變化，造成果實裂果或植株因豪大雨根系受損，造成收成上的損失，故果園草生栽培仍為目前積極推廣的栽培方式。

果園灌溉方式計有淹灌、噴灌和滴灌三種，除滴灌外，其餘水分利用效率並不佳；其中淹灌因設備較為簡單且廣泛被採用，但其水分利用效率最差，因此，減少淹灌次數及可節約灌溉用水。果園種植百慕達草之土壤水分含量均較裸地者高，亦即草生栽培之土壤保水力較佳，可延長灌溉時間，減少灌溉次數，達到省水及減少灌溉人工之目的。灌溉後草生土壤保水性較佳，係因草類有助於涵養水分、草類又能調節本身蒸散作用及草類之覆蓋能減少地面蒸發等。於豪大雨後果園最忌積水，避免土壤水分飽和時間過長而影響根呼吸，果園實施草生栽培，草生土壤較裸地土壤易乾可減少浸水時間。其原因應與草類減少入滲量增加逕流量根死亡後留出之大孔隙，增大滲漏速率，以及草生自身對蒸散作用之調整等因素有關。故果園實施草生栽培，無論於一般灌溉後維持土壤水分和豪雨後排除水分皆有正面效果。

果園草生栽培會造成草與果樹競爭土壤養分的問題，惟估算果園草生自土壤移出的養分量而加以補充，果樹的養分便不會缺乏，故以養分管理觀點而言，果園內草類是可與果樹共存共榮的。草雖然與果樹競爭養分，惟從另一觀點，草可有效截留可能流失養分之利器，覆蓋作物密佈之根系可吸取土壤中多量的有效性氮，因而減少硝酸態氮之淋失，而草死亡腐化後其所含養分仍將釋出，再供果樹利用。此作用同時將向下淋洗之養分重新回到土壤表層，增加肥料利用率。果樹栽培上施用之氮肥甚多，其易因淋洗作用損失，採行草生栽培因可減少硝酸態氮之淋失，地下水污染亦得以降低。此和一般裸地施用化肥後有相當量流失，而不易回收來比較是相當有助益的。

土壤有機質對土壤性質、植物生長及土壤微生物均有正面之功效，土壤有機質為儲存養分之重要場所，經礦化作用可釋出或溶出土壤養分供果樹吸收，亦可做為土壤有益微生物活動所需之碳、氮等元素來源，因土壤有機質能減低土壤之內聚性、塑性及黏著性，使土壤更便於耕犁。此外，有機質能促進及穩定土壤粒團，使土壤通氣及

透水性良好，適於植物生長，故果樹草生栽培提高果園土壤有機質改善土壤性質。

果園草生栽培較裸地栽培更能涵養水分，可減少灌溉次數，達到省水和省工之目的。

五、柑桔三要素氮-磷-鉀之養分管理與施肥量推薦

(一) 舊版施肥手冊

柑桔施肥量係以表1為推薦量，幼樹1-3年生每年每株施用氮、磷酐及氧化鉀均為75公克 (換算43號複合肥料(15-15-15) 0.5公斤)，幼樹五年生則為150公克 (換算43號複合肥料1公斤)。

成樹則以產量為基準，每株產量40公斤，氮-磷酐-氧化鉀=500-250-375公克 (換算5號複合肥料(16-8-12) 3,125公克)，其餘每株產量60、90、120及150公斤，氮素-磷酐-氧化鉀分別為600-300-450、800-400-600、1,000-500-750及1,200-600-900公克 (換算5號複合肥料3,750、5,000、6,250及7,500公克)。土壤質地如為礫質地或粗質地肥分易流失之土壤，施肥量可酌增30-40%，細質地保肥力佳之黏質壤土可酌量減施20-30%。

草生柑桔園，春肥及果實發育期之氮肥宜增加20-30%。另，春肥及果實發育期氮肥過多，將影響果實品質和著色，以及花芽分化，採收後之肥料可改用2號(11-9-18)代替5號複肥。

表1. 柑桔施肥量

樹齡或產量	氮	磷酐	氧化鉀	換算成複合肥料用量 (成樹用 5 號(16-8-12)，幼樹用 43 號 (15-15-15))
幼樹 1-3 年生	75	75	75	500
幼樹 5 年生	150	150	150	1,000
成樹 40 公斤/株	500	250	375	3,125
成樹 60 公斤/株	600	300	450	3,750
成樹 90 公斤/株	800	400	600	5,000
成樹 120 公斤/株	1,000	500	750	6,250
成樹 150 公斤/株	1,200	600	900	7,500

施肥時期需視各地生育情形及品種酌予提前或延後。 採收期：椪柑 11-12 月、柳橙 12-1 月、桶柑 1-2 月；文旦 8-9 月。開花結果期：椪柑 2-3 月、柳橙 3-4 月、桶柑 3-5 月；文旦 4-5 月。果實發育期 (幼果期)：椪柑 6-8 月、柳橙 7-9 月、桶柑 7-10 月、文旦 6-7 月。另如施用 10-20 公斤之植物渣粕類有機質肥料(含氮 5%以上)，化肥氮應減施 350-700 公克。

施肥時期與分配率如表 2 所示，施肥方式如下。

1. 有機質肥料可土壤改良劑石灰資材同時施用，省工且避免土壤硬化。但化學氮肥施用須與石灰間隔半個月至一個月，不可與石灰同施，以免氮脫失。
2. 採後之施肥，宜以環狀或放射狀或條溝狀或穴狀深施，尤其磷肥不易移動需深施，上述方法可輪換使用。至於春肥及果實發育期可撒施以省工資，為提高撒施肥效減少損失，每一施肥時期可再分二次（間隔 1-2 週）撒施，且配合水分管理。

3. 實施基肥（禮肥）與土壤改良（採收整枝修剪後 冬季管理）化肥施用年施肥量（依樹齡收量而定，參閱表二）之 40 ％ ，以生產 60 公斤果實植株， 5 號複肥 (16-8-12) 為例，3.75 公斤 ×40 ％ 約 1.5 公斤/株。一或半個月後再施石灰或苦土石灰（土壤 pH 5.0 以下才需要），及有機質肥料。
4. 有機質肥料如選用含氮 50 g/kg 以上粕類或含有機質之複合肥料，用量約 10-20 公斤/株。如採用含氮 30 g/kg 以下之腐熟堆肥則用量約 20-30 公斤/株 （0.5-1 包），兩者均需開溝掘穴與石灰或苦土石灰混合施入 30 公分之根域土層。
5. 幼果期與生理落果後追肥兩次以上分次撒施化肥年施肥量之 25% ，以生產 60 公斤果實植株，台肥 5 號複肥為例，3.75 公斤 × 25 ％ 約 0.93 公斤/株。配合雨後土壤潮濕或灌溉實施追肥。
6. 夏肥（果實肥大期）撒施化肥年施肥量之 10 ％ (1) 5- 8 月若雨量豐沛，氮肥過多夏秋梢旺盛將影響果實品質和著色，則果實發育期之氮肥宜減施或免施。 (2) 若為砂質土或結果量多則再施追肥，五號或二號複肥 0.5-1.0 公斤/株，配合雨後土壤潮濕或灌溉實施。如再補充單質鉀肥氯化鉀 0.5 公斤，更有助於果實品質提升。
7. 可於 8- 9 月執行土壤與植體分析，檢討與施肥改進。

次量及微量要素之施用：

依據土壤與葉片營養診斷結果，才決定是否需要施用矯正。

1. 石灰之施用：強酸性土壤（pH 值 5.0 以下）為避免缺鎂及利於各種養分均勻吸收，宜使用白雲石灰（苦土石灰），調整土壤 pH 值。石灰宜於採收後與堆肥同時混入 15 至 30 公分土壤中。石灰用量：砂質壤土施 1 噸/公頃/年，壤土或坋質壤土施約 1.5 噸/公頃/年，黏質壤土 2 噸/公頃/年。最好於幼年園或植苗前全園實施，以免成園後不易操作且容易傷樹。
2. 鎂之施用：酸性土壤發生缺鎂，除施白雲石灰外，症狀嚴重時則於春夏季施用氧化鎂 150-200 公克，或施用硫酸鎂 1 公斤/株。亦可以 20-30 g/L （50-30 倍稀釋倍數）硫酸鎂液或硝酸鎂液噴施於葉面，以藥液不滴下為度，每年噴五次。中性或鹼性土壤缺鎂，則施用硫酸鎂或採葉面噴施。
3. 硼之施用：發生缺硼症時，於 10 年生的柑園質地為黏質壤土者，每株於地面撒施 50 克的硼酸，如不再出現病徵，四年內不可再施。或於四月及六月噴施 3 g/L (300 倍釋倍數）硼酸液二次亦可，但不可連年噴施，若以春梢非結果枝作葉片分析診斷，在八月份的硼濃度 25 mg/kg 以下為缺乏。
4. 鋅錳之施用：如在葉上發生缺鋅或錳的現象，春梢葉片於八月份之鋅或錳濃度低於 25mg/kg 以下，可用硫酸鋅或硫酸錳 30-50 g/L (300-200 倍稀釋倍數)(加等量氧化鈣製成乳劑) 作葉面噴施，每隔七至十天連續三至四次。若噴施鋅錳乃浦等防治病害之藥劑，亦有防治缺鋅、缺錳效果。

表 2. 施肥時期與分配率%

肥料別	採收後至春芽萌發前	開花至著果	果實發育期
氮　肥	40	40-50	20-10
磷　肥	40 或 100	40 或 0	20 或 0
鉀　肥	30	30	40

(二) 柑桔合理化施肥參考實例或範例

柑桔合理化施肥自民國 98-101 年於新北市及新竹縣柑桔專業區共辦理 24 處示範。果園土壤分析資料如表 3、葉片分析資料如表 4。

1. 土壤肥力分析

表土酸鹼度 (pH) 民國 98 年示範區及對照區分別為 4.9 及 4.4，底土則為 4.7 及 4.4，民國 99 年則各示範點均略降 0.2 單位，惟至民國 100 及 101 年各示範點表土已提高至 5.3，4 年平均示範區表土 5.1，底土 4.8，均較對照區 4.4 及 4.2 高 0.6- 0.7 單位，惟仍須繼續施用苦土石灰等石灰資材提高 pH 至 5.5 以上；

土壤電導度民國 98-101 年各示範點表、底土介於 0.06- 0.17 dS/m，平均 0.09 及 0.10 dS/m，差異不大且均低於 0.6 dS/m；

土壤有機質含量民國 98-101 年各示範點表土示範區平均 27.5 g/kg 略高於對照區 26.8 g/kg，示範區底土 24.7 g/kg 高於對照區 20.3 g/kg，惟均低於參考值 30.0 g/kg，顯現不足現象；

Bray-1 磷含量 60-174 mg/kg，四年平均 116-134mg/kg，高於參考值 11-51 mg/kg；

交換性鉀含量 88-172mg/kg，四年平均 117-152 mg/kg，高於參考值 30-100 mg/kg；

交換性鈣含量 295-1,112 mg/kg，示範區表、底土分別為 976 及 677 mg/kg，介於參考值 570-1,140mg/kg，且較對照區表、底土為高；交換性鎂含量介於 27-180mg/kg，四年平均 115-139 mg/kg，略高於參考值 48-97 mg/kg。綜合以上結果顯示，以目前推薦施肥量已足以供應柑桔生長所需之養分；如葉片仍有顯現缺乏症狀，應與其果園水分管理有關，可利用葉面施肥方式改善，另仍需繼續施用苦土石灰等石灰資材提高土壤酸鹼度 (pH) 至 6.0，以利養分吸收與利用。

表 3. 土壤肥力分析

田區	土層	酸鹼度 (1:1)	電導度 (1:5) (dS/m)	有機質 (g/kg)	Bray-1磷	交換性鉀	交換性鈣	交換性鎂
					-----------mg/kg			-----------
民國98年								
示範區	表土	4.9	0.08	30	165	112	933	59
	底土	4.7	0.07	18	161	100	404	39
對照區	表土	4.4	0.07	21	159	115	426	27
	底土	4.4	0.06	15	174	99	295	30
民國99年								
示範區	表土	4.7	0.14	31	60	153	893	169
	底土	4.5	0.14	36	62	151	903	156
對照區	表土	4.3	0.14	28	64	158	719	151
	底土	4.0	0.17	28	65	172	624	157
民國100年								
示範區	表土	5.3	0.07	27	115	172	1,112	163
	底土	5.0	0.07	28	117	127	900	145
對照區	表土	4.3	0.10	35	151	127	893	180
	底土	4.0	0.09	26	142	131	592	143

民國101年								
示範區	表土	5.3	0.07	23	132	171	964	165
	底土	4.9	0.08	17	125	88	499	121
對照區	表土	4.5	0.09	24	161	144	697	150
	底土	4.2	0.09	13	144	100	487	131
4年平均								
示範區	表土	5.1	0.09	28	118	152	976	139
	底土	4.8	0.09	25	116	117	677	115
對照區	表土	4.4	0.10	27	134	136	684	127
	底土	4.2	0.10	20	131	126	500	115
參考值		5.5-6.8	<0.6	>30	11-51	30-100	570-1,140	48-97

2. 葉片分析

柑桔葉片於 8 月中旬採取非結果枝頂端生長第三葉片，分析結果如表 4。葉片氮含量對照區 4 年中有 3 年高於適宜值 32 g/kg,示範區則較為穩定僅 1 年略高於適宜值，磷含量極穩定介於 1.2- 1.8 g/kg，鉀含量 10-14 g/kg，低於適宜值 14-17 g/kg，鈣含量 25- 35 g/kg，鎂含量 3.1-5.4 g/kg，雖均介於適宜值範圍，惟示範區葉片養分含量均高於對照區，顯示示範區減量施肥之效果與對照區並無明顯差異。另，果樹於中後期施用過量氮肥或腐熟度低的堆肥，易造成植株徒長枝增加，進而影響鉀的吸收，影響果實品質。

表 4. 柑桔葉片分析

田區	氮	磷	鉀	鈣	鎂
	----------	----------	g/kg	----------	----------
民國 98 年					
示範區	31	1.5	12	26	3.1
對照區	27	1.4	12	25	3.5
民國 99 年					
示範區	30	1.5	11	29	4.6
對照區	34	1.8	10	27	4.1
民國 100 年					
示範區	33	1.2	10	27	4.9
對照區	35	1.3	10	26	.4.3
民國 101 年					
示範區	32	1.2	13	35	5.4
對照區	33	1.4	14	35	4.8
4 年平均					
示範區	32	1.4	12	29	4.5
對照區	32	1.5	11	28	4.2
適宜值	30-32	1.2-.1.8	14-17	25-45	2.6-5.0

3. 肥料用量及成本比較

綜觀民國 98-101 年肥料施用量有逐年漸減的趨勢，而肥料成本節省金額亦有逐年增加之現象。

表 5. 示範戶肥料施用量及成本比較

田區	氮	磷酐	氧化鉀	肥料總用量	節省肥料	肥料成本 (元/公頃)
	-----------	公斤/公頃	-----------			
民國 98 年						
示範區	295	225	258	778	261 (25.1%)	23,691
對照區	386	309	344	1,039		29,363 (- 5,672)
民國 99 年						
示範區	254	195	243	692	288 (29.4%)	27,619
對照區	339	273	368	980		34,730 (- 7,111)
民國 100 年						
示範區	254	195	243	692	288 (29.4%)	19,571
對照區	339	273	368	980		27,632 (- 8,061)
民國 101 年						
示範區	244	183	217	644	306 (+32.2)	18,284
對照區	351	286	313	950		27,007 (- 8,723)
4 年平均						
示範區	262	200	241	703	286 (28.9%)	22,440
對照區	354	285	350	989		29,782 (- 7,342)

4. 產量、產值及效益比較

綜觀民國 98-101 年產量及收益有逐年有逐年增加之現象。

表 6. 產量、產值及收益比較

田區	產量 (公斤/公頃)	增產 (公斤 公頃)	收益增加 (元/公頃)
民國 98 年			
示範區	21,236	+2,643 (14.2%)	8,887
對照區	18,593		
民國 99 年			
示範區	20,036	+36 (0.2%)	8,718
對照區	20,000		
民國 100 年			
示範區	17,743	+814 (4.8%)	38,990
對照區	16,929		
民國 101 年			
示範區	17,667	+750 (+4.4%)	38,290
對照區	16,917		
4 年平均			
示範區	19,226	+1,072 (5.9%)	23,181
對照區	18,154		

六、結論

北部地區土壤大多為強酸性土壤，對肥料利用率較低，須以農用石灰資材改良，另，有機質肥料亦須針對土壤肥力加強管理，以利作物生長，而柑橘施肥量及施用方法，以目前施肥手冊推薦量施用為原則，應依據土壤分析結果調整施肥量，將可達節省肥料用量，降低成本及增加總收益的效果。